

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EP04 / 10724

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

REC'D 08 NOV 2004

WIPO PCT

Aktenzeichen: 103 45 081.5

Anmeldetag: 26. September 2003

Anmelder/Inhaber: Peguform GmbH & Co KG i.lns.,  
79268 Bötzingen/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Bearbeitung einer dreidimensionalen  
Oberfläche

IPC: B 44 C, B 23 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Oktober 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Schäfer

## Verfahren zur Bearbeitung einer dreidimensionalen Oberfläche

Der schichtweise Abtrag einer Materialschicht von einer Form zur Herstellung einer

5 beliebigen dreidimensionalen Oberfläche erfolgte bisher mittels Ätzverfahren oder galvanischen Verfahren, bei welchen eine Positivform mit der gewünschten Oberflächengestaltung mit einem Metall überzogen worden ist, welches dann eine Negativform zur Herstellung des gewünschten Formteils oder der Folie ergibt. Diese Verfahrensvarianten erfordern immer eine große Anzahl von Verfahrensschritten, um 10 eine Negativform für nur eine einzige Oberflächengestaltung zu erhalten. Dies hat zur Folge, dass bei jeder Änderung der Oberflächengestaltung dieselben Verfahrensschritte erneut anfallen; was zusätzliche Kosten und nicht unbeträchtlichen Zeitaufwand bedeutet, um Oberflächenstrukturen mit einer derartigen Präzision abzubilden, wie sie z.B. zur naturgetreuen Darstellung einer Oberflächenstruktur, wie 15 einer Ledernarbe erforderlich sind. Bislang sind vor allem zwei Verfahren verbreitet, um Werkzeuge wirtschaftlich zu nähren, zum einen ist das die Ätznarbe, bei der die Oberfläche des Werkstücks unterschiedlich maskiert wird und dann durch eine Ätzflüssigkeit selektiv abgetragen wird. Dieses Verfahren kann mit Einschränkungen auch schichtweise angewendet werden und erzeugt dann allerdings einen stark 20 abgestuften Übergang zwischen Narbgipfeln und Narbtälem. Außerdem gibt es Schwierigkeiten bei komplizierten Geometrien der zu nährenden Fläche. Ein anderes Verfahren ist das sogenannte Galvano-Verfahren. Hierbei wird ein Positivmodell, das sogenannte Belederungsmodell mit einer Folie (oder Leder) bezogen, welche die gewünschte Struktur, beispielsweise Ledernarbe aufweist. In 25 einem Abformverfahren wird dann die Narbe in ein Negativwerkzeug übernommen, das wiederum zur Herstellung eines (Positiv-) Badmodells verwendet wird. Auf dieses wird dann in einem Bad galvanisch eine Metallschicht aufgebracht. Das so erhaltene Galvanowerkzeug muss dann noch verstärkt werden, kann dann aber auch nur für bestimmte Verfahren zur Teileherstellung zur Anwendung kommen, die seine 30 Oberfläche nicht zu stark beanspruchen. Verbreitet sind vor allem das Slush-Verfahren und das Sprühhaut-Verfahren. Außerdem ist jedes dieser letztgenannten Verfahren sehr zeit- und kostenaufwendig.

Aufgrund des großen Aufwandes, welcher mit den aus dem Stand der Technik

35 vorbekannten und in industriellem Maßstab zum Einsatz kommenden Verfahren verbunden ist, gibt es Ansätze, die Oberflächenstruktur mit einem Abtragmittel

herzustellen. Ein vielseitig verwendbares Abtragmittel stellt Laser dar. Die Technologie der Abtragung von Material mittels Laser ist aus DE3939866 A1 aus dem Bereich der Lasergravur bekannt.

Die Materialabtragung durch Verdampfen einer Oberflächenschicht mittels Laser ist

5 aus DE4209933 C2 bekannt. Der Laserstrahl wird aufgeweitet und durch drehbare Ablenkspiegel über eine von einem Rechner vorgegebene Bezugslinie geführt. Die Bezugslinien bilden ein Rasterfeld. Das Rasterfeld wird mehrmals vom Laserstrahl entlang winkelversetzter Bezugslinien abgefahren, wobei Material durch Verdampfung abgetragen wird. Durch die Variation der Richtung der Laserspuren durch Drehung in  
10 der Bearbeitungsebene um einen bestimmten Winkel werden systematische Überhöhungen in der Grenzschicht vermieden. Dadurch entsteht eine netzartige Struktur der Rasterlinien. Diese Technologie findet ausschließlich auf zweidimensionale Oberflächen Anwendung. Ziel der in der Patentschrift offenbarten Technologie ist ein gleichmäßiger Abtrag von Material im Rasterfeld.

15 Eine zeilenweise Führung des Lasers in Bahnen (Rasterlinien), bzw. Spuren, im jeweiligen Bearbeitungsfeld des Lasers wird in DE10032981 A1 offenbart. Die Spuren werden bereichsweise auf ein sich bewegendes Werkstück aufgebracht. Um zu vermeiden, dass sich im Überlappungsbereich der Spuren an den Bereichsgrenzen eine scharfe Trennlinie ausbildet, die durch übermäßigen Materialabtrag im

20 Überlappungsbereich entsteht, werden die Bereichsgrenzen bei jedem Abtrag versetzt. Mit anderen Worten, bei zeilenförmigem Abtrag eines Bereichs setzt der Laser am Rand nicht längs einer Linie ab, sondern fährt in die Nähe dieser Linie. Der Endpunkt der Abtragung liegt dann zwar in einem Abstandsbereich dieser Linie, dieser Abstandsbereich ist aber von Zeile zu Zeile verschieden. Da die Endpunkte sich somit statistisch um den Mittelwert der Linie verteilen, kann kein optischer Defekt wahrgenommen werden. Dieses Verfahren eignet sich zum Abtrag von Rasterfeldern, welche auf einer Ebene liegen. Sobald die Rasterfelder aber eine Neigung gegeneinander aufweisen, wird durch das Abtragmittel eine andere Materialmenge abgetragen, wenn sich das Abtragmittel aus dem Rasterfeld entfernt. Somit müsste

30 jeder einzelne Endpunkt aufgezeichnet werden, der Materialabtrag bestimmt, und der für das benachbarte Rasterfeld vorgesehene Materialabtrag um den Fehlbetrag korrigiert werden. Aus diesem Grund ist das Verfahren für dreidimensionale Oberflächen nur unter hohem zusätzlichen Rechenaufwand anwendbar.

Nach der Lehre der DE10116672 A1 werden Grob- und Feinstrukturen unterschiedlich bearbeitet, wobei Feinbereiche mittels Laser und Grobbereiche mittels einer Aushebvorrichtung bearbeitet werden. Diese Technologie eignet sich insbesondere für

Bearbeitung von Metalloberflächen, welche beispielsweise auf Druckzylindern angeordnet sind. Die Grobbearbeitung erfolgt mittels mechanischer Abtragvorrichtungen.

5 Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine beliebige Oberflächenstruktur, wie beispielsweise eine Ledernarbe, auf beliebige dreidimensionale Oberflächen aufzutragen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht somit darin, ein Verfahren zu entwickeln, welches die Möglichkeit bietet, beliebig geformte Werkzeuge und Modelle mit einer

10 dreidimensionalen Oberflächenstruktur zu versehen, die einer natürlichen oder beliebig anderen Oberflächenstruktur möglichst nahe kommt. Eine derartige Oberflächenstruktur ist beispielsweise die Narbe des Leders, die dadurch gekennzeichnet ist, dass Narbgipfel unterschiedliche Höhen und Ausdehnungen aufweisen und der Übergang zwischen Narbgipfeln und Narbtälern gleichmäßig verläuft.

15 Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, Trenn oder Grenzlinien beim Materialabtrag zu vermeiden.

20 Ziel ist also die Entwicklung eines Verfahrens, das für verschiedene Arten von Materialien Verwendung finden kann, im Vergleich einem der angeführten Verfahren schnell durchführbar ist, und keine oder wenig Einschränkungen in Bezug auf die Geometrien verursacht. Zudem soll das erfindungsgemäße Verfahren Anwendung auf beliebige Materialkombinationen finden.

25 Diese Aufgaben werden durch folgendes Verfahren zur ein- oder mehrschichtigen Materialabtragung einer beliebig geformten dreidimensionalen Oberfläche mittels eines punktförmig auf eine Oberfläche wirkenden Abtragmittels, wie eines Lasers, verwirklicht, bei welchem eine Oberflächenstruktur auf der dreidimensionalen Oberfläche erzeugt wird, wobei die Oberfläche durch mindestens ein Polygonnetz angenähert wird, wobei jedes Polygon des Polygonnetzes dem Bearbeitungsbereich des Lasers zugeordnet ist. Die durch das Polygonnetz angenäherte Oberfläche wird mittels einer Scanyvorrichtung gescannt. Die Scanyvorrichtung, z.B. ein Galvanoscanner, definiert den Bearbeitungsbereich des Lasers.

30 Die Oberflächenstruktur jedes Teilstücks wird durch ein Rasterbild beschrieben, wobei das jeweils zu bearbeitende Teilstück der Oberfläche vollkommen in den Fokusbereich des Lasers zu liegen kommt. Die Punktlage der Polygonecken entspricht im dreidimensionalen Raum einer zweidimensionalen Koordinatenlage auf der Fläche der Rasterbilder.

Die Materialabtragung kann in mehreren Schichten erfolgen, wobei jeder Schicht ein eigenes Polygontetz zugeordnet ist. Das jeweils zu bearbeitende Teilstück jeder Schicht hat in einer vorteilhaften Ausgestaltung keinen Randabschnitt mit einem der vorher bearbeiteten Teilstücke einer anderen Schicht gemeinsam.

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren für den schichtweisen selektiven Formabtrag an einem Werkstück. Dabei soll eine Struktur beispielsweise in der Form einer Ledernarbe in das Werkstück eingebracht werden, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Übergänge zwischen Narbgipfeln und Narbtälem möglichst gleichmäßig verlaufen. Des weiteren sollen bezüglich der Topologie des Werkstückes möglichst wenig Einschränkungen notwendig sein, d.h. es erfolgt hier keine Beschränkung auf z.B. Zylinderflächen (vgl. DE 101 16 672 A1)

10

Gemäß DE 4209933 C2 geschieht dies im beispielsweise durch das Verdampfen des Materials mittels eines Laserstrahles. Dieser wird rechnergesteuert entlang vorgegebener Rasterlinien über das Werkstück geführt. Bei großen Flächen geschieht die Bearbeitung im allgemeinen abschnittsweise (vgl. auch DE10032981 A1).

15

Bekanntermaßen lassen sich beispielsweise durch die Materialabtragung mittels Laser auch komplizierte Strukturen herstellen, dies wird beispielsweise bei der Mikrobearbeitung von Materialien ausgenutzt. Es gibt auch bereits Verfahren, um großflächig Material mit dem Laser abzutragen.

20

Beliebige Oberflächen und Narben müssen derart dargestellt werden, dass sie mit einem bekannten Verfahren zur Abtragung von Material, insbesondere einem Laserverfahren, hergestellt werden können. Hierbei muss man unterscheiden zwischen der Beschreibung der Topologie, d.h. der Geometrie des Werkstücks und der Narbe, das heißt, der gewünschten Feinstrukturierung der Oberfläche, welche mit dem Werkstück durch einen formgebenden Verfahren erzeugt wird.

25

In der Automobilindustrie werden zur Topologie-Beschreibung von sogenannten Freiformflächen im allgemeinen NURBS (non-uniform rational B-Splines) eingesetzt.

Da man mit einer einzigen NURBS-Fläche eine komplexe Geometrie nicht

30

zufriedenstellend beschreiben kann, werden mehrere sogenannte NURBS-Patches aneinandergesetzt. Oftmals werden diese vor dem zusammensetzen auch noch beschnitten (getrimmt), wozu auf den NURBS-Flächen liegende NURBS-Kurven eingesetzt werden.

Um diese Topologie mit dem Laser bearbeiten zu können, muss sie in

35

Bearbeitungsabschnitte aufgeteilt werden. Die Größe des Bearbeitungsabschnittes wird idealerweise so gewählt, dass er bei entsprechender Stellung des Scanners

(möglichst näherungsweise senkrecht auf dem Bearbeitungsabschnitt) lediglich durch Einflussnahme auf die Galvanospiegel abgescannt werden kann. Des weiteren sollte die Entfernungänderung zwischen Scanner und Fläche gering gehalten werden. Ziel muss bei der Wahl der Größe des Bearbeitungsabschnittes in jedem Falle sein, dass

5 weder durch die Winkelstellung des Lasers, noch durch die Veränderung des Abstandes zwischen der Fläche und dem Scanner eine unerwünschte Änderung der Stärke des Materialabtrages erfolgt.

Bei jedem Bearbeitungsabschnitt ist zu beachten, dass er als ganzes im Fokus des Lasers zu liegen kommt.

10 Den möglichen Bearbeitungsbereich bei einer bestimmten Position des Scanners kann man bei Einsatz einer Planfeldlinse durch den Fokus-Quader beschreiben. Seine Höhe, bei vorgegebener maximaler Fehler der abgetragenen Schichtdicke, ist gegeben durch die maximale Fokustiefe (= Variation der Brennweite) und seine 15 Seitenlänge durch die entsprechende maximale Auslenkung der Galvanospiegel im Scanner.

Der Abstand zwischen Scanner und der Mittelebene des Quaders ist durch die Brennweite der Laseroptik gegeben. Innerhalb des Fokus-Quaders kann der Bearbeitungsabschnitt durch ein Polygon angenähert werden, dessen Ecken alle auf einer Fläche liegen, die exakt den Abstand der Brennweite zu der Laseroptik hat und senkrecht zur Richtung des Laserstrahles in der Mittelstellung der Ablenkspiegel steht. Diesem Polygon entspricht nun ein Flächenabschnitt der zu bearbeitenden Fläche, der durch Projektion des Polygons auf die NURBS-Fläche entsteht und vollkommen im Focus-Quader liegen muss.

25 Die gesamte Topologie der zu bearbeitenden Fläche wird somit durch ein Gitternetz von zusammenhängenden Polygonen verschiedener Größe und Form beschrieben. Dabei sind die Polygonkanten unabhängig von den Rändern der die zu bearbeitende Fläche beschreibenden NURBS-Patches zu wählen, d.h. es kann und wird vorkommen dass ein oder mehrere Punkte des Polygons auf einem Patch liegen und ein oder 30 mehrere Punkte des Polygons auf dem angrenzenden NURBS-Patch.

Für die Beschreibung der Feinstruktur der Oberfläche wird jedem Polygon zwecks der besseren Verarbeitbarkeit durch das Steuerprogramm des Lasers ein Rasterbild (Bitmap) zugeordnet. Hierbei entspricht die Größe des Bildpunktes minimal der Größe des Durchmessers des Laser-Lichtpunkts und die Graustufe (Helligkeit) des 35 Bildpunktes der Tiefe der Struktur an diesem Punkt. Ein weißer Punkt würde zum

Beispiel bedeuten, das überhaupt kein Material abgetragen wird, während ein schwarzer Punkt maximalen Materialabtrag bedeuten würde (oder umgekehrt).

Eine noch höhere Genauigkeit kann durch eine Beschreibung des Laserpunktes durch mehrere Bildpunkte in der Bitmap erreicht werden. Der Nachteil besteht in der

5 Vergrößerung der Bitmap und der entsprechend höhere Speicherbedarf und Rechenaufwand in der Steuerelektronik.

Die Codierung der Bitmap entspricht hierbei der maximalen Schichtenzahl, das heißt bei 256 Graustufen (= 8 bit) je Bildpunkt können maximal 256 Schichten dargestellt werden. Zur Abspeicherung dieses Rasterbildes sind verschiedene Computerformate

10 mit entsprechenden Komprimierungsalgorithmen bekannt, die eine sehr starke Verringerung des Speicherbedarfes zur Folge haben.

Im allgemeinen Fall wird das Polygon selten eine quadratische Form haben. Daher erfolgt eine Zuordnung der Eckpunkte des Polygons im dreidimensionalem Raum zu jeweils einem entsprechenden Punkt auf der Bitmap in 2D-Koordinaten

15 (Texturkoordinaten).

Es ist bei entsprechender Anordnung der Polygone auch möglich, die Texturkoordinaten mehrerer Polygone auf einer Bitmap zusammenzufassen.

Außerdem kann beim Errechnen und Abspeichern der Polygone und zugehörigen Bitmaps auch schon eine Winkelrichtung für die Laserspuren (vgl. DE 42 09 933 C2)

20 vorgegeben werden. Die Laserspuren brauchen den Rasterlinien der Bitmap nicht unbedingt zu folgen, sondern es können Verfahren der Computergrafik zum Einsatz kommen, die für eine schräg zu den Rasterlinien verlaufende Laserspur die Helligkeitswerte errechnen, unter Verwendung von Antialiasing-Algorithmen. (vergleiche eine diagonal auf einem Computerbildschirm verlaufende Linie).

25 Bei der Bearbeitung des Werkstückes muss ein Lasergerät zum Einsatz kommen, bei dem der Scanner, in dem sich die Galyanospiegel befinden, in Bezug auf das Werkstück eine ausreichende Beweglichkeit aufweist, um eine Position anfahren zu können, die sich möglichst senkrecht relativ zu jedem Polygon im Abstand der Brennweite der Laseroptik befindet, d.h. diejenigen Position entspricht, die bei der Berechnung der Polygone zugrunde gelegt wurde.

Für die Steuerung des Lasergerätes im Sinne einer wirtschaftlichen Bearbeitung ist es vonnöten, die Polygone im Datensatz so zu ordnen, dass sie von der Steuerelektronik in einer Reihenfolge eingelesen werden, die möglichst geringe Verfahrwege des Scanners zur Folge hat.

35 Eine weitere Aufgabe besteht in der Vermeidung von Trennlinien, die in dem Bereich entstehen, in dem eine Laserspur endet und die nächste beginnt (vgl. DE10032981

A1). Die Gefahr besteht insbesondere an den Kanten, an denen zwei Polygone aneinander stoßen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass die Schichtdicke so stark herabgesetzt wird, dass die entstehende Grenzlinie in der Höhe vernachlässigbar klein im Vergleich zu

5 der Gesamthöhe der Narbe und somit nicht mehr sichtbar ist. Die Addition des Trennlinien-Fehlers an den Polygonkanten wird dadurch vermieden, dass jeder abzutragenden Schicht ein eigenes unabhängiges 3-dimensionales Polygonnetz zugeordnet wird. Dieses kann völlig frei gewählt werden, unter Beachtung der oben genannten Vorgaben. Außerdem muss beachtet werden, dass sich Polygonränder 10 zwar überschneiden (das ist unvermeidlich), aber keinesfalls übereinander liegen dürfen. Ansonsten addiert sich der Trennlinien-Fehler. Das bedeutet, bei Betrachtung eines beliebigen Punktes auf der zu bearbeitenden Fläche des Werkstückes und einem Materialabtrag in n Schichten, dass dieser Punkt zu n verschiedenen Polygonen „gehört“.

15 Diese Polygone können sich entweder eine Textur-Bitmap teilen, oder aber sie verteilen sich auf mehr als eine bis maximal n Bitmaps.

Bezüglich der zugehörigen Textur-Bitmaps muss beachtet werden, dass beim Vorhandensein von mehreren Bitmaps sich der entsprechende Schichtabtrag auf die einzelnen Bitmaps verteilt. Das heißt, der endgültige Materialabtrag an einem 20 bestimmten Punkt ergibt sich aus einer Addition der einzelnen Grauwerte der Texturbitmaps an diesem Punkt.

Ist der Trennlinienfehler noch stärker zu reduzieren, kann ein Verfahren nach DE10032981A zur Anwendung kommen, bei dem ein Überlappungsbereich zwischen den Bearbeitungsabschnitten gebildet wird, in dem die Bearbeitungsspuren des Lasers 25 in den Anschnitten ineinander greifen, und die Übergangspunkte statistisch verteilt sind.

## ANSPRÜCHE

1. Verfahren zur ein- oder mehrschichtigen Materialabtragung einer beliebig geformten dreidimensionalen Oberfläche mittels eines punktförmig auf eine Oberfläche wirkenden Abtragmittels, wie eines Lasers, mittels welchem eine Oberflächenstruktur auf der dreidimensionalen Oberfläche erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche durch mindestens ein Polygonnetz angenähert wird, wobei jedes Polygon des Polygonnetzes dem Bearbeitungsbereich des Abtragmittels zugeordnet ist.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass die durch das Polygonnetz angenäherte Oberfläche mittels einer Scanvorrichtung gescannt wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, dass die Scanvorrichtung den Bearbeitungsbereich des Abtragmittels definiert.
4. Verfahren nach Anspruch 1 gekennzeichnet dadurch, dass die Oberflächenstruktur jedes Teilstücks durch ein Rasterbild beschrieben wird.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 4, gekennzeichnet dadurch, dass das jeweils zu bearbeitende Teilstück der Oberfläche vollkommen im Fokusbereich des Abtragmittels liegt.
- 25 6. Verfahren nach Anspruch 1 gekennzeichnet dadurch, dass die Punktlage der Polygonecken im dreidimensionalen Raum einer zweidimensionalen Koordinatenlage auf der Fläche der Rasterbilder entspricht.
7. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass die Materialabtragung in mehreren Schichten erfolgt.
- 30 8. Verfahren nach Ansprüchen 1 oder 7, gekennzeichnet dadurch, dass jeder Schicht ein eigenes Polygonnetz zugeordnet ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, gekennzeichnet dadurch, dass das jeweils zu bearbeitende Teilstück jeder Schicht keinen Randabschnitt mit einem der vorher bearbeiteten Teilstücke gemeinsam hat.

### ZUSAMMENFASSUNG

Ein Verfahren zur ein- oder mehrschichtigen Materialabtragung einer beliebig geformten dreidimensionalen Oberfläche mittels eines punktförmig auf eine Oberfläche wirkenden Abtragungsmittels, wie mittels eines Lasers, bei welchem eine Oberflächenstruktur von der dreidimensionalen Oberfläche abgetragen wird, kann derart durchgeführt werden, dass die Oberfläche durch ein Polygonnetz angenähert wird, wobei jedes Polygon des Polygonnetzes dem Bearbeitungsbereich des Lasers zugeordnet ist. Durch die Verwendung von Polygonnetzen kann ein sehr gehäuer 5 Abtrag bei einer beliebig geformten Oberflächenstruktur gewährleistet werden, sodass eine dreidimensionale Oberfläche höchster Genauigkeit entsteht.

10